



# Etude de la violation de la R parite dans les modeles SUGRA avec le detecteur ATLAS

A. Mirea

## ► To cite this version:

A. Mirea. Etude de la violation de la R parite dans les modeles SUGRA avec le detecteur ATLAS.  
Journées jeunes chercheurs 6, Dec 1997, Benodet, France. pp.31-32. in2p3-00010124

**HAL Id: in2p3-00010124**

**<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00010124>**

Submitted on 30 Jul 2001

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Étude de la violation de la R parité dans les modèles SUGRA avec le détecteur ATLAS

A. Mirea

Centre de Physique des Particules de Marseille, France

## Résumé

Dans le cadre d'une théorie de Supergravité, l'introduction d'une nouvelle symétrie multiplicative qui est la R parité peut entraîner des nouvelles signatures. En fonction des paramètres SUGRA, le type et l'intensité de ces couplages, les nouveaux effets peuvent perturber les techniques d'étude employées dans les modèles avec R parité conservée (comme la signature classique de l'énergie manquante) mais en revanche on a maintenant la possibilité de reconstruire la particule supersymétrique la plus légère (LSP) et, en remontant les chaînes de désintégration, d'améliorer les mesures. Le détecteur ATLAS auprès du LHC pourrait découvrir la violation de R parité et déterminer les paramètres SUGRA pour un spectre large des modèles. Pour étudier ces modèles on a introduit des nouveaux processus dans le générateur ISAJET 7.30 ayant comme référence le générateur SUSYGEN 2.0.

## 1. Les Modèles de Supergravité Minimaux et la R parité

On pourrait caractériser la supersymétrie comme une nouvelle symétrie qui mélange d'une manière non-triviale les symétries internes (par exemple la couleur) et celles de l'espace-temps (Lorentz) à l'aide des supercharges. Pour chaque particule, la supersymétrie va associer une superparticule. Vue d'un autre angle, on pourrait transformer les bosons en fermions et inversement. Les observations actuelles interdisent que les superparticules ne se trouvent parmi les particules connues. À l'aide de quelques hypothèses raisonnables issues des modèles de grande unification (GUT), le spectre de masse des nouvelles particules devrait se trouver dans une plage de  $0,1 \sim 1$  TeV. On peut considérer la supersymétrie comme une théorie de jauge et localement elle implique la présence de la gravitation. Si on rajoute quelques hypothèses GUT, on obtient ce qu'on appelle la supergravité. Le développement du Model Standard par un schéma minimal de ce type nous conduit aux Modèles Standard Supersymétrique Minimal (MSSM) et Supergravité Minimal (mSUGRA). L'avantage des modèles mSUGRA réside dans le nombre des paramètres nécessaires pour décrire tout le spectre des superparticules :

$$M_0, M_{1/2}, A_0, \tan(\beta), \text{sgn}(\mu)$$

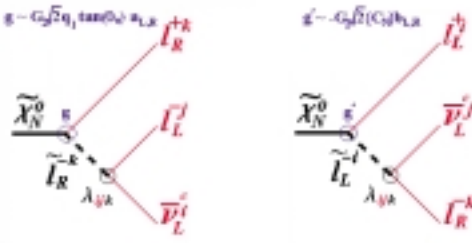
où  $M_0$  est la masse unifiée des scalaires (squarks, sleptons, etc),  $M_{1/2}$  est la masse unifiée des jauginos SU(2)

(winos, zinos),  $A_0$  est un couplage trilineaire qui joue un rôle dans la brisure électrofaible,  $\tan(\beta)$  est le rapport des valeurs moyennes sur le vide des deux doublets de Higgs nécessaires dans le modèle et enfin  $\mu$  qui représente l'échelle de masse.

Pour empêcher certains processus catastrophiques dans ces modèles (désintégration du proton, FCNC, etc.) pratiquement exclus par les expériences, on a besoin d'une nouvelle symétrie multiplicative, la **R parité** définie comme :

$$R = (-1)^{3B+L+2S}$$

où B, L et S sont respectivement le nombre barionique, leptonique et de spin. Elle a les valeurs propres +1 pour toutes les particules du Modèle Standard et -1 pour leur superpartenaires. Les plus importantes conséquences sont que les superparticules sont toujours produites en paires et que la LSP est une particule stable (ce qui produit la signature "classique" d'une grande énergie manquante). Mais il n'y a pas de raisons théoriques pour justifier la conservation de la R parité. De plus, les contraintes expérimentales actuelles sont, sauf quelques exceptions (par ex. le temps de vie du proton), si faibles qu'on ne peut pas exclure l'hypothèse d'une éventuelle violation de la R parité. Les seuls types de termes dans le superpotentiel qui brisent la R parité sont de type Yukawa, bilinéaires (pour les doublets de Higgs) ou de brisure douce induite par la gravité. Les plus importants sont les termes de type Yukawa et ils peuvent à la fois briser le nombre leptonique ( $W_L$ ) ou barionique ( $W_B$ ) :



**Figure 1.** Les désintégrations à 3 leptons violant la R parité des neutralinos. Les modes conjugués de charge sont aussi présents.

$$W_L = \frac{1}{2} \lambda_{ijk} L_i L_j e_k + \lambda'_{ijk} L_i Q_j d_k$$

$$W_B = \frac{1}{2} \lambda''_{ijk} u_i d_j d_k$$

Parmi les plus importantes conséquences de la violation de la R parité, on peut mentionner le fait que la LSP n'est plus stable (implications dans la cosmologie), l'énergie manquante est plus faible et il y a d'avantage des leptons et de jets mous. On va se pencher plus particulièrement sur les couplages  $\lambda_{ijk}$  appelés aussi couplages à 3 leptons. Dans la figure 1, on a représenté les deux désintégrations possibles des neutralinos qui violent la R parité par des couplages de type  $\lambda_{ijk}$ . Les valeurs de ces couplages  $\geq 10^{-2}$  sont exclues déjà par les expériences actuelles. Si  $10^{-4} \leq \lambda \leq 10^{-6}$  donnent une signature très particulière (le "vertex déplacé") qui pourrait facilement être détectée. Si l'intensité des couplages est de moins de  $10^{-6}$ , la LSP peut s'échapper du détecteur avant sa désintégration (mime une théorie RPC). Les études plus détaillées de ces modèles choisissent une valeur représentative  $\sim 10^{-3}$ . (Pour une revue sur les limites actuelles sur les couplages violant la R parité - [1]).

## 2. L'étude des modèles SUGRA au LHC avec le détecteur ATLAS

Le type et l'énergie du collisionneur LHC (pp à 14 TeV dans le c.m.) font que les canaux dominants de production directe des sparticules seront par des squarks ( $\tilde{q}$ ) et des gluinos ( $\tilde{g}$ ) qui sont aussi, dans la plupart des cas, parmi les particules les plus lourdes. La production directe des sparticules légères ( $\tilde{l}$ ,  $\tilde{\chi}_N^0$ , etc) est pratiquement négligeable. Les chaînes de désintégrations des sparticules commencent avec les sparticules lourdes ( $\tilde{q}$ ,  $\tilde{g}$ , higgsino lourds) et finissent, dans les modèles avec la R parité conservée (RPC), avec les LSP (d'habitude  $\tilde{\chi}_1^0$ ). Le spectre de masse des sparticules et les rapports d'embranchement dépendent surtout de  $M_0$  et  $M_{1/2}$  plutôt que des autres paramètres. La stratégie d'étude au LHC se concentre sur cinq points représentatifs dans l'espace des paramètres. La conclusion est que si la supersymétrie existe, elle pourrait être découverte au LHC [3].

Les études faites sur les modèles avec R parité violée (RPV couplages  $\lambda \sim 10^{-3}$ ) ont prouvé que la

désintégration du LSP est pratiquement la seule qui compte par rapport aux autres jauginos ou sleptons.

## 3. Les outils d'étude

Pour étudier la nouvelle physique on emploie des programmes qu'on les appelle générateurs. Quand on calcule les éléments de matrice pour ces différents processus on a un générateur matriciel (PYTHIA, ISAJET, SUSYGEN, EUROJET, etc). Pratiquement toutes les études faites sur les collisionneurs hadroniques (TEVATRON -  $p\bar{p}$ , LHC - pp) jusqu'au présent utilisent les générateurs PYTHIA ou ISAJET mais la simulation des désintégrations violant la R parité se résumait au LSP (methode forcée). Aucun générateur hadronique n'avait pas introduit la RPV par ces éléments de matrice. En faisant quelques hypothèses raisonnables, on a utilisé SUSYGEN 2.0 (qui est un générateur leptonique -  $e^+e^-$ ) ou ces articles d'origine pour introduire les éléments de matrice pour la RPV (pour l'instant toutes les couplages  $\lambda_{ijk}$ ) dans l'architecture de ISAJET 7.30 [2]. Pour des intensités des couplages  $\leq 10^{-2}$  l'effet sur les masses à travers les RGE est pratiquement négligeable (on utilise les mêmes RGE que pour les mSUGRA avec RPC). On détermine les états propres de masse dans les deux programmes (ISAJET, SUSYGEN) et si on trouve une différence importante on peut lancer une procédure de fit. Ensuite on calcule toutes les éléments de matrice RPV ( $\lambda_{ijk}$ ) pour les désintégrations à 3 corps (pour toutes les gauginos) et à 2 corps (pour toutes les sleptons). Les tests qui ont été faites (le spectre des masses, couplages, largeures spectrales et rapports d'embranchement, etc) ont validé le programme.

## 4. Résumé

Les études déjà faites ont prouvé que si la Supersymétrie existe elle sera découverte au LHC et que le détecteur ATLAS sera capable aussi de déterminer les paramètres SUGRA dans le cas de la violation de la R parité. Si la R parité est violée les signaux seront plus difficilement à extraire, mais on espère pouvoir faire une meilleure reconstruction de ces paramètres. Dans ce dernier cas les études sont en cours dans la collaboration ATLAS.

## Remerciements

C'est un plaisir de remercier les conveneurs des différentes sessions ainsi que le comité d'organisation pour la façon très agreable dont ils ont organisé les JJC 97.

## Références

- [1] Bhattacharyya, Gautam - HEP-PH/9608415
- [2] Mirea, A. - ATLAS collaboration presentation
- [3] Richter-Was, E.; Froidevaux, D.; Soderquist, J. - ATLAS Internal Note -PHYS-No-108